

**Aporte al estudio de la determinación del uso  
eficiente del agua en cultivo protegido de tomate  
mediante la evapotranspiración, en el municipio de  
Turbo – Antioquia – Colombia.**

**INGRIDA CORDOBA BERRIO  
CC. 1045495469 TURBO ANTIOQUIA  
CELULAR: 3124143865  
RADAMEL RESTREPO SALAS**

**ESTUDIANTES DE TECNOLOGÍA AGROFORESTAL**

**RAMÓN MOSQUERA \_ASESOR**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y  
DEL MEDIO AMBIENTE ECAPMA – CEAD TURBO**

**2014**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por traernos hasta este punto de la vida y nos ha permitido llegar a realizar nuestras metas, a nuestras familias por el apoyo que nos han dado para realizarnos como persona, a nuestro tutor y asesor Ramón A Mosquera por guiarnos y brindarnos su conocimiento para sacar nuestras capacidades y realizar con éxitos este valioso trabajo.

A todas aquellas personas involucradas de manera directa o indirecta en el desarrollo de nuestro proyecto, en especial a León Santiago Sánchez y señora, quienes nos prestaron su finca muy cordialmente para la realización de nuestro experimento y en la toma de datos en el invernadero los llevamos en nuestros corazones muy especialmente.

A la UNAD por abrirnos sus puertas y brindarnos la oportunidad de superación y a cumplir esta importante meta en nuestras vidas.

A todos y todas.

Muchas gracias!!

## **DEDICATORIA.**

Dedicamos este proyecto a Dios por ser el inspirador para cada una de nuestras metas en este paso por la vida; a nuestros padres y familiares por ser la fuente de nuestros anhelos, a nuestro docente Ramón A Mosquera por ser esa guía de conocimientos y apoyo de motivación para seguir con entusiasmo nuestros objetivos trazado y amistades y parejas por cada día darnos ese apoyo moral a no dejarnos vencer por los inconvenientes que se presentaban.

## RESUMEN

El experimento se realizó en la finca LA PRADERA en el corregimiento de PIEDRECITAS localizada en el municipio de Turbo – Antioquia, durante los meses de octubre de 2014 a febrero de 2015. Con el objetivo de evaluar el volumen del agua sobre rendimiento y calidad del cultivo de tomate, se realizó un arreglo en parcela de diseño simple al azar, en 4 tratamientos a los cuales se les aportó diferentes dosis de agua de riego diario. T1: 25%, T2: 50%, T3: 75%, T4:100%. A partir de los registros diarios de la evapotranspiración mediante el tanque evaporímetro tipo A, instalado en el interior del invernadero, cuyos valores de riego se realizaron mediante el coeficiente del cultivo  $K_c$ ,

Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en evaluación al crecimiento T1: 25% planta N°1: 198.5cm, y T4:100% planta N°4: 3,9cm, en el número de hojas T1 planta N° 1: 15 en su planta y T2 planta N° 4: 2 hojas en planta, en evaluación al número de flores fue T4: planta N° 3: 11 y la de menor reporte fue T1 y T4 plantas 4 no alcanzaron su proceso. Se presentó una leve enfermedad del hongo del tizón tardío se realizó un control manual el cual no se volvió a presentar en el ciclo restante del cultivo.

A pesar de las altas temperaturas presentadas en el desarrollo del cultivo las plantas lograron sobre pasar el tiempo de desarrollo con crecimiento elevado pero no desarrollaron en ese tiempo hasta su proceso final.

## TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION.....	11
2. JUSTIFICACION.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
4. OBJETIVOS.....	16
4.1 Objetivo General.....	16
4.2 Objetivos Específicos.....	16
5 MARCO CONCEPTUAL.....	17
5.1 La historia del riego.....	17
5.2 Importancia del riego en la agricultura.....	18
5.3 Los cultivos hortícolas.....	18
5.4 Factores climáticos que inciden a la aplicación del riego.....	19
5.4.1 Radiación solar.....	19
5.4.2 Temperatura.....	19
5.4.3 Humedad.....	20
5.4.4 Precipitación.....	20
5.5 Procesos fenológicos del cultivo.....	21
5.5.1 La evaporación.....	21
5.5.2 La transpiración.....	21
5.5.3 La evapotranspiración.....	21
5.6. Métodos para determinar las necesidades de riego.....	22
5.6.1. Descripción del tanque evaporímetro clase “A”.....	22
5.6.2 Coeficiente del cultivo (kc).....	23
5.6.3 Aplicación de (Kc) en la horticultura.....	24
5.7Cultivo de tomate.....	25
5.7.1 Generalidades del tomate. ....	25
5.7.2 Descripción botánica.....	25
5.7.3 Agroecología.....	25
5.8 El riego para el cultivo del tomate.....	26
5.9 Cultivo de tomate bajo invernadero.....	26

5.9.1 Los invernaderos.....	26
5.9.2 Importancia de los invernaderos para la agricultura.....	27
5.9.3 Las hortalizas bajo invernadero.....	27
5.9.4 El cultivo del tomate bajo invernadero.....	28
5.9.5 Fenología y ciclo del cultivo de tomate bajo cubierta.....	29
5.9.6 Temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de tomate bajo cubierta.....	30
5.9.7 El uso del agua en el cultivo del tomate protegido.....	30
5.10 Investigaciones relacionadas.....	32
6 METODOLOGIA.....	37
6.1. Localización.....	37
6.2. Materiales y método.....	37
6.2.1. Fase I: Adecuación del terreno.....	37
6.2.2. Fase II: Preparación de sustratos, camas y germinadores.....	37
6.2.3. Fase III: Trasplante y establecimiento de cultivo.....	38
6.2.4. Fase IV: Determinación de variables y Diseño experimental.....	38
6.2.5 Medición de las variables.....	38
6.2.6 Manejo Agronómico del cultivo.....	39
6.2.7 Fase V: Procesamiento de datos.....	40
7. RESULTADOS.....	41
7.1 Comportamiento de los aspectos climáticos.....	41
7.1.1 Temperatura interior.....	41
7.1.2 Temperatura exterior.....	41
7.1.3 luminosidad.....	41
7.1.4 Humedad.....	42
7.1.5 pH.....	42
7.1.6 Fertilidad.....	43
7.2. Comportamiento de los aspectos climáticos.....	44
7.2.1. Crecimiento.....	44
7.2.2. Numero de hojas.....	46
7.2.3. Numero de flor.....	46
7.3. Influencia de plagas y enfermedades.....	50
8. DISCUSION.....	51

9. CONCLUSION.....	53
--------------------	----

BIBLIOGRAFIA.

## INDICE DE CUADROS

### PAG.

Cuadro No1.	Valores típicos de coeficientes de cultivos (Kc) en las fases iniciales, media y final de cultivos hortícolas. Para prácticas culturales estándar y condiciones climáticas subhúmedas....	24
Cuadro No2.	Cantidad de agua requerida en el proceso fenológico del cultivo.....	31
Cuadro No3.	Profundidad de raíz que debe tener la planta en el proceso vegetativo.....	35



## INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO	PAG.
Grafico No1.	Comportamiento del Kc en la etapa vegetativa del cultivo del tomate..... 23
Grafico No2.	Fenología y ciclo del cultivo de tomate bajo cubierta..... 29
Grafico No 3 y 4.	Presencia de hongo tizón tardío..... 50

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAG
Figura N° 1.	Registro de datos de temperatura interior mañana y tarde... 41
Figura N°2.	Registro de temperatura exterior mañana y tarde..... 42
Figura N°3.	Registro de luminosidad horas de la mañana y tarde..... 42
Figura N°4.	Comportamiento dentro del invernadero..... 43
Figura No 5.	PH del suelo durante el ciclo del cultivo..... 43
Figura No 6.	Fertilidad del suelo desde el trasplante y floración del cultivo. 44
figuraNo.7	Crecimiento, tratamiento 25% de evapotranspiración..... 44
Figura No.8	Crecimiento, tratamiento 50% de evapotranspiración..... 45
Figura No.9	Crecimiento, tratamiento 75% de evapotranspiración..... 45
Figura No.10	Crecimiento, tratamiento 100% de evapotranspiración..... 45
Figura No.11	Número de hojas, tratamiento 100% de evapotranspiración... 46
Figura No.12	Número de hojas, tratamiento 50% de evapotranspiración.... 47
Figura No.13	Número de hojas, tratamiento 75% de evapotranspiración... 47
Figura No.14	Número de hojas, tratamiento 100% de evapotranspiración. 48
Figura No. 15	Número de hojas, tratamiento 25% de evapotranspiración.... 48
Figura No.16	Número de hojas, tratamiento 50% de evapotranspiración.... 49
FiguraNo.17	Número de hojas, tratamiento 75% de evapotranspiración.... 49
Figura No.18	Número de hojas, tratamiento 100% de evapotranspiración.... 50

## INTRODUCCION

La población y las necesidades de alimentos a nivel global están aumentando, mientras que los recursos de suelo y agua son cada vez más limitadas, la necesidad de conservar el agua para las diferentes actividades hace que se aumente la sobre explotación de fuentes naturales de agua, conllevando a problemas ambientales, sociales y económicos a nivel mundial, Mendoza (1998).

El agua tiene diversidad de usos; como es el agropecuario, que supone una demanda del 72% del total extraído, estas aguas de irrigación varían en las diferentes zonas del planeta donde hay sitios que necesitan más para su riego que otros; El agua de uso doméstico, que es empleada para la higiene personal, preparación de la comida, lavado de ropa, entre otros. Estas actividades requieren del 5% de la extracción mundial; La de uso industrial, como la fabricación de calzado, pinturas, telas, entre otros, requiere del 23% del total para su uso, Larios & Ponce, (2011). Pero se están empleando más de lo que se requieren en actividades que no necesitan de mucha agua para ejecutarse como la urbana y la industria, reduciéndola para el consumo en la agricultura.

Es por esta razón que los agricultores desde hace décadas vienen trabajando en el tema de agricultura protegida por las bondades que este tipo de actividad garantiza, productos de mejor calidad en corto tiempo y así emplear métodos que permitan obtener respuestas para el empleo eficiente del agua a los cultivos.

Sin embargo los cultivos protegidos, especialmente las hortalizas, requieren cuidados especiales para su desarrollo y ambiente debido a que no se encuentran en el mismo entorno que los tradicionales, como la necesidad del agua requerida para su alimentación es de esta manera que existen métodos que pueden identificar qué cantidad de agua requiere un cultivo y cuál es la pérdida que este tiene diariamente como medición por evapotranspiración que causa el clima.

Por lo anterior resulta importante, emplear los diferentes métodos tendientes a determinar el uso eficientemente en un cultivo de tomate protegido en la finca LA PRADERA del municipio de Turbo - Antioquia, empleando procedimientos que permitan conocer medidas de evapotranspiración (ET<sub>o</sub>), el coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>),

por medio de fórmulas sencillas y de fácil interpretación.

Del resultado de este proyecto se espera obtener información necesaria para el cálculo del riego al cultivo del tomate protegido y un producto de alta calidad para el consumo personal para los habitantes de la finca y comercial para el municipio de Turbo – Antioquia.

## **2. JUSTIFICACION**

La FAO, (2006) determina el papel fundamental que juega la agricultura para el desarrollo de los pueblos, indicando que el 70% del consumo del agua en el mundo está ligado a la agricultura produciendo el 40% de los empleos de la Humanidad. Al mismo tiempo hace un llamado al uso eficiente y racional de este recurso que se convierte en uno de los criterios que contribuyen a encarecer los sistemas productivos, haciendo que los precios de los alimentos sean inalcanzables para un gran número de personas en el mundo.

En concordancia, en la actualidad, se encuentra una importante reducción de las tierras dedicadas a la agricultura originado por el deterioro en la calidad y se observan fenómenos meteorológicos que producen grandes sequías o inundaciones, haciendo que los campesinos emigren a zonas urbanas de una manera incontrolada pues los campesinos emigran de las tierras pobres o marginales atraídos por la industrialización, entre otros motivos. Paulet, (1999)

Este mismo autor, menciona que el cambio climático tendrá un efecto negativo significativo en la calidad y cantidad de agua disponible, lo que se manifestará con la creciente demanda de los alimentos y el alto costo de los mismos.

Conforme a lo anterior, las instituciones de educación superior, a través de su responsabilidad sustantiva de investigación, están en la responsabilidad de buscar de forma permanente alternativas sostenibles de productividad y la línea de investigación en Biodiversidad se convierte en el instrumento que la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, posee para buscar dichas alternativas y ponerlas a disposición de la comunidad.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua, es uno de los factores clave en la agricultura, especialmente por su importancia para la producción de biomasa la cual está directamente relacionada con la cantidad de ella en el proceso productivo. El agua que es capturada por las plantas es retornada a la atmosfera por medio de la transpiración, un proceso que es positivo para el equilibrio de los ecosistemas.

Pese a lo anterior, el agua no es un recurso inagotable, especialmente en los trópicos y como indica COGECA, (2006), solo el 1% del agua dulce del planeta está disponible para actividades humanas y estas actividades incluyen la agricultura. La cantidad de agua que se necesita para producir un cultivo depende de las condiciones del suelo, de la variedad del cultivo y de las temperaturas, pero teniendo en cuenta las variaciones actuales producidas por el cambio climático, es muy posible que esas condiciones estén en desequilibrio.

Por lo anterior, es de gran importancia determinar las cantidades apropiadas de consumo de agua por los cultivos, de tal manera que se pueda hacer un mejor uso planificado de este recurso, permitiendo mayor disponibilidad para otras actividades como el consumo directo, pero sin poner en riesgo la autonomía alimentaria.

Por las condiciones de localización tropical, la zona de Urabá y en especial el Municipio de Turbo, manifiesta la misma problemática antes mencionada, especialmente para la producción de hortalizas, como tomate (*Solanum lycopersicum*), cebollas (*Allium fistulosum* L), pepino (*Cucumis sativus*) y pimientos (*Capsicum anum*) entre otras, las cuales en los periodos secos requieren riegos muy abundantes y debido a que las fuentes hídricas pierden considerablemente su flujo hacen imposible este, dando como resultado la perdida de la cosecha y en periodos de lluvia una cantidad de agua que sobre pasa los límites de captación de la planta que conlleva a unas producciones inferiores a los promedios nacionales.

Una estrategia posible es la indagación sobre los límites de consumo de cultivos de

hortalizas en sistemas protegidos de producción, sometiendo los cultivos a mínimos de suministro y calculando las necesidades óptimas para una producción elevada, obteniendo un planteamiento que permita un uso eficiente del agua.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

- Aportar a la construcción de un plan de uso eficiente del agua en cultivo protegido de tomate mediante la evapotranspiración, en el Municipio de Turbo – Antioquia – Colombia.

### **4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la evapotranspiración del cultivo de tomate en sistema protegido bajo las condiciones ambientales predominantes como elementos de la programación del riego.
- Evaluar el crecimiento y desarrollo del tomate bajo 4 niveles de aplicación de riego basado en la evapotranspiración (25%, 50%, 75% y 100%).
- Establecer las condiciones sanitarias del desarrollo del cultivo protegido bajo las condiciones ambientales predominantes durante el proceso de crecimiento y desarrollo de tomate bajo 4 niveles de suministro de agua.



## **5. MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO.**

### **5.1. La historia del riego.**

Desde hace tiempo atrás el hombre se ha ideado obras de ingeniería para llevar agua de un lado a otro y así abastecer las poblaciones y sus necesidades personales, industriales y agrícolas, Valverde (1998). El mismo autor destaca que los españoles al llegar a América se vieron sorprendidos con las obras de encontraron en estas tierras sobre todo en México y Perú, donde los pobladores antiguos hacen honor al agua y sus estructuras, las cuales fabricaron de una forma excelente con diques y canales para la distribución del agua para llevarlas a los lugares de difícil trayectoria. Mientras que en otras comunidades eran zonas de abundante agua y bien distribuida también tuvieron que ingeniárselas para que sus viviendas y cultivos no fueran inundados por las cantidades de lluvias que caen y asegurar su abastecimiento para las superficies cultivadas.

Para después de la segunda guerra mundial el progreso del riego fue impresionante, en cual se crearon estructuras hidráulicas como: la creación de embalses de acumulación o regulación, y canales principales de conducción. Que permitieron la distribución del agua de una forma uniforme y llegar a sitios recombidos. Pero en la parte agrícola no se le presto mucha atención al manejo del agua para los cultivos y la relación entre suelo, planta y el agua en el clima. Gurovich (1985).

Y es debido a esto que en la actualidad se encuentran efectos adversos como la erosión, el drenaje deficiente y la salinización de los suelo, ahora el hombre se ve en la obligación de emplear métodos ingeniosos que permitan regar su cultivo y así aumentar su producción, sin emplear grandes cantidades de agua.

## **5.2. Importancia del riego en la agricultura**

El agua es un factor clave en la agricultura, las plantas necesitan del agua diariamente para su desarrollo, es captada en su biomasa y la devuelven a la atmósfera a través de la transpiración, de la misma manera que el suelo la retiene y la pierde a través de la evaporación. Los suelos cubiertos de vegetación presentan mayor humedad y reducen así la escorrentía, mientras que los suelos baldíos pierden agua de una forma inadecuada llevando a la desertificación, al no contar con los cultivos adecuados que puedan retener el agua suficiente en ellos y así poseer una buena humedad que permita suelos adecuados y fértiles para cultivar. FAO (1992).

## **5.3. Los cultivos hortícolas.**

Desde hace miles de años atrás, el ser humano ha venido seleccionando aquellos cultivos que mejor se adapten a su gusto y a la tierra en el que se encuentran cultivando, y las diversas condiciones agroclimáticas que existan en las tierras, y del resultado de este proceso es lo que se conoce como variedad tradicional. Alonzo & Guzmán, (2008).

Estas variedades tradicionales el hombre las ha mejorado científicamente desde hace aproximadamente un siglo, entre las que se destacan las denominadas híbridas, el uso de semillas híbridas de cultivos hortícolas se han extendido en forma notable a zonas con mejores condiciones de producción (suelos ricos y profundos con disponibilidad de agua) y más intensivas en el empleo de tecnologías como producción bajo invernadero, teniendo rendimientos productivos más altos, sus frutos son más homogéneos y se adaptan mejor a la recolección mecánica. Alonzo & Guzmán, (2008). Los mismos autores mencionan que en un pequeño espacio se pueden sembrar diferentes variedades de cultivos y después de recolectados se prepara el suelo para la siembra de uno diferente.

Sin embargo aunque estos cultivos estén en un mismo espacio de producción cada uno requiere necesidades hídricas diferentes para su desarrollo y es ahí donde el agricultor debe tener los conocimientos necesarios para manejar los requerimientos hídricos de cada cultivo, y así poder llevar a la fase final en calidad óptima sus cultivos. En la

horticultura en general es preciso conocer las condiciones agroclimáticas de la zona para que las especies a cultivar se adecuen a las características en su periodo de crecimiento. Y para que las hortalizas crezcan en las condiciones adecuadas es necesario conocer los siguientes aspectos; temperatura, distribución de las lluvias, exposición solar, calidad del agua, tipo de suelo, zonas de encharcamiento, y es aconsejable la rotación de aquellos cultivos que estén bien adaptados a las condiciones de crecimiento de la zona. Alonzo & Guzmán, (2008).

Donde las lluvias no satisfagan las exigencias del cultivo debe aplicarse agua para un buen desarrollo, el riego es la aplicación artificial de agua para suplir las necesidades de humedad al suelo y sostenimiento de la planta. Flores (1983). Algunos agricultores aplican agua a simple ojo a sus cultivos, sin tener el criterio a saber cuáles son los requerimientos que la planta y el suelo para sus necesidades hídricas.

#### **5.4. Factores climáticos que inciden a la aplicación del riego.**

Existen factores climáticos influyen a la propagación del riego a los cultivos y su relación al crecimiento en las plantas.

##### **5.4.1. Radiación solar.**

La radiación solar es la energía suministrada por el sol en forma de radiación electromagnética. Y es aprovechada por la plantas para realizar su fotosíntesis, (proceso químico que realizan las plantas en transformar un sustrato inorgánico en materia orgánica rica en energía). Esta radiación se encarga del calentamiento del aire, del suelo, de la evaporación y transpiración, Cely, (2010).

##### **5.4.2. Temperatura.**

La temperatura va comprendida a la cantidad de calor que hay en el ambiente, dependiendo de la radiación solar así será la temperatura, la luz y la temperatura influyen directamente al crecimiento foliar de la planta bajo condiciones óptimas de disponibilidad hídrica.

#### **5.4.3. Humedad**

La humedad varia con la temperatura, y permite saber que tan qué tan húmedo o seco se encuentra el aire. Es expresada en unidades enteras que parten del 0 (sequedad absoluta) y el 100% a la saturación. Durante el día por media de la calefacción la humedad absoluta del aire aumenta debido a que los estomas hacen aumentar la transpiración, al mismo tiempo que la humedad puede disminuir con el aumento de la temperatura, FAO (2002)

#### **5.4.4. Precipitación.**

Es la entrada natural de agua dentro del balance hídrico a los agroecosistemas, se le llama precipitación a la caída de agua de las nubes, ya sea en estado sólido o líquido.

Según Cely (2010). La lluvia es el medio de transporte de nutrientes desde el suelo hacia la planta encontrándose en la atmosfera en gran cantidad y actuando esta como disolvente de los mismos.

Los cultivos absorben el agua del suelo que necesitan para su desarrollo por medio de sus raíces, llevándolas hasta las hojas por medio de su xilema. La temperatura juega un papel muy importante a la hora de que las plantas pierdan el agua absorbida, por medio de los estomas de las plantas ésta llegar a la atmosfera en forma de vapor proceso que es llamado transpiración ( $T_o$ ). De la misma forma el agua del suelo también es evaporada hacia la atmosfera proceso llamado evaporación ( $E_v$ ), a estos dos procesos se le conoce como evapotranspiración ( $E_{to}$ ). Valverde (1998).

El mismo autor menciona que para proceder a la medición de la evapotranspiración de un cultivo, se deben tener datos muy importantes como el coeficiente del cultivo ( $K_c$ ), factor que depende del grado de desarrollo de la planta y las necesidades hídricas que presentan.

## **5.5. Procesos fenológicos del cultivo**

La fenología constituye a los cambios de los patrones de desarrollo crecimiento de las plantas en relación con las condiciones de clima y otros aspectos del ambiente. Gamboa, (2005).

### **5.5.1. La evaporación**

El agua líquida retenida en el suelo, ríos, lagos entre otros, se convierte en vapor y es elevada a la atmosfera. Siendo la radiación solar quien proporciona a las moléculas un cambio de estado para que ocurra esta transformación. Gamboa, (2005).

### **5.5.2. La transpiración.**

Es el proceso físico – biológico en el cual el agua cambia de estado líquido a gaseosa a través de los estoma de las plantas y pasa a la atmosfera, siendo el mismo proceso de la evaporación con la diferencia que deja de evaporarse de la libertad del suelo y es evaporado de las hojas de las plantas. La tasa de transpiración se determina con la temperatura y la radiación solar.

### **5.5.3. La evapotranspiración.**

Es un proceso conjunto de la evaporación y la transpiración siendo determinada por la radiación solar que llega a la superficie del suelo y a las plantas, expresada en milímetros por unidades de tiempo. Este proceso climático son elementos importantes para la programación del riego en un cultivo. Salamanca, (2000)

La evapotranspiración se define como

$$E_{vt} = K_c * E_v$$

Donde

$K_c$  = es el llamado coeficiente del cultivo, que indica los niveles de requerimientos hídricos del cultivo en su ciclo de vida en función a la evaporación presente.

Ev = es el valor de la evaporación, del cual es obtenida del tanque evaporímetro “tipo A”

CORPOICA (2013). Destaca la temperatura, luminosidad, humedad, concentración de dióxido de carbono, se relacionan entre si actuando sobre el crecimiento vegetativo del cultivo bajo invernadero. Destacando también una humedad idónea para su desarrollo en perfectas condiciones y se encuentra en 50% - 65%

## **5.6. Métodos para determinar las necesidades de riego.**

De acuerdo con el AAIC, (2004), Para medir la evapotranspiración de un cultivo se han determinado diferentes métodos, dependiendo del estado de desarrollo de la planta así será la frecuencia de riego y dependiendo de la temperatura se da la evapotranspiración de la planta y por ende se aplicara la cantidad de agua necesaria para que sus raíces la puedan absorber y cumpla con las funciones primordiales, sin superar un déficit.

Para medir la evapotranspiración en los cultivos encontramos los siguientes métodos:

- Método empírico – practico
- Método del tensiómetro
- Método del tanque evaporímetro clase “A”

Siendo el método del tanque evaporímetro clase “A” uno de los más usados en los cultivos ya sea en campo externo como en invernaderos, en función de los efectos integrados del clima y la evaporación que ocurre en el tanque “A”. AAIC. (2004).

### **5.6.1. Descripción del tanque evaporímetro clase “A”**

Es un recipiente circular con un diámetro de 120.5cm y 25,4cm de profundidad, de hierro galvanizado, debe ir montado sobre una plataforma de madera con intersticios para su ventilación, que lo eleva a 15cm del suelo, el agua que se utiliza debe ser clara y mantenerse siempre 5 y 17cm por debajo del borde, la medida se realiza con un

metro. La lectura es realizada cada día en un horario fijo y más recomendable en las primeras horas de la mañana. AAIC, (2004).

### 5.6.2. Coeficiente del cultivo ( $K_c$ )

El coeficiente de cultivo muestra las variaciones de cantidad de agua que una planta puede extraer del suelo en los diferentes estado de desarrollo de la misma, variando  $K_c$  con el periodo de crecimiento de la planta y con la variabilidad del clima, Valverde, (2007).  $K_c$  es un dato importante para el manejo del riego al cultivo y en su fórmula integra la evaporación del suelo y transpiración del cultivo ( $ETo$ ).

$$K_c = \frac{ET_{cultivo}}{ET_o}$$

Dónde:

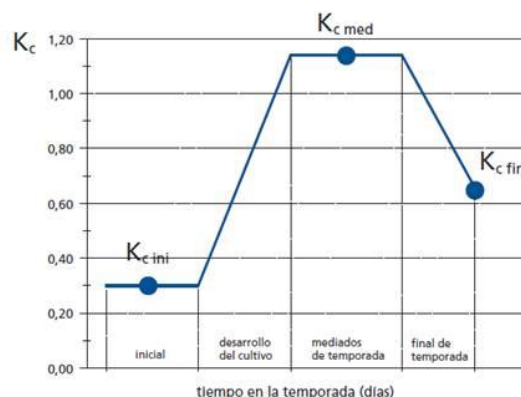
$K_c$  = coeficiente de cultivo, factor que corrige el consumo del cultivo según su fase vegetativa.

Etc. = evapotranspiración de un cultivo.

$ETo$  = evapotranspiración del cultivo de referencia.

Durante las diferentes etapas las necesidades del agua en las plantas varían, es por tanto que el aporte en el riego cambia, como lo muestra la gráfica No 1.

Grafico No1.comportamiento del  $K_c$  en la etapa vegetativa del cultivo del tomate.



Mendoza. (1998).

Secuencia general y la proporción de cada una de las etapas de crecimiento mencionadas, correspondiente a diferentes tipos de cultivos (FAO, 1997).

### 5.6.3. Aplicación de (Kc) en la horticultura.

**Cuadro No1. Valores típicos de coeficientes de cultivos (Kc) en las fases iniciales, media y final de cultivos hortícolas. Para prácticas culturales estándar y condiciones climáticas subhúmedas.**

Cultivo	Kc inicial	Kc media	Kc final	Ho (m)
Ajo	0.7	1.00	0.70	0.3
berenjena	0.6	1.05	0.90	0.8
coliflor	0.7	1.05	0.95	0.4
Brócoli	0.7	1.05	0.95	0.3
Cebolla verde	0.7	1.00	1.00	0.3
Cebolla seca	0.7	1.00	0.75	0.4
pepino	0.6	1.00	0.75	0.3
Lechuga	0.7	1.00	0.95	0.3
Tomate	0.6	1.15	0.70 – 0.90	0.4
Zanahoria	0.7	1.05	0.70 – 0.90	0.6
Pimiento	0.7	1.05	0.90	0.7

Autor: Martinez 2004.



## **5.7. Cultivo de tomate**

### **5.7.1. Generalidades del tomate.**

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas. Esta planta es potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, Cevallos (2010).

### **5.7.2. Descripción botánica.**

La planta de tomate es una hortaliza de más de 2 metros de altura que requiere de tutor, su raíz es pivotante o ramificada, su tallo es de consistencia herbácea por lo tanto no puede sostenerse solo, con ramificación de forma simpoidal; de las axilas de las hojas producen nuevas ramas que determinan en la yema floral. Las hojas son compuestas anchas, ovaladas, dentadas, vellosas, glandulosas, pecioladas, con distribución alterna y de color verde intenso. Las flores se presentan en racimo simple, dicotómico y policotómico, amarillas, conformados por cinco sépalos, cinco pétalos, cinco estambre y un pistilo con la polinización directa por ser una planta bisexual y autógena, Colon, (2009).

### **5.7.3. Agroecología.**

Colon (2009). Menciona que la temperatura optima del para un buen desarrollo del cultivo del tomate esta en 20 y 30 °C durante el día y entre 15 y 17°C durante la noche; temperatura superior a los 30 - 35°C afecta a la fructificación, por el mal desarrollo de los óvulos y al desarrollo de la plata en general. Con las temperatura inferior de 12 – 15°C también su problemas en el desarrollo se verá afectado siendo defectuosa su fecundación o nula. El mismo autor menciona que la temperatura también influye para la maduración del fruto, como en temperaturas cercanas a los 10°C o superiores a los 30°C se originan tonalidades amarillentas del fruto.

## **5.8. El riego para el cultivo del tomate.**

La aplicación de riego en el cultivo del tomate debe ser cuidadosa ya que tanto la sequía como la el exceso de agua repercuten en la calidad del fruto, Gonzales & Hernández (2000). Estos mismos autores el tomate representa tres periodos críticos de necesidades hídricas: 1. Emergencia de plántula, floración y cuando y cuando los frutos han alcanzado la quinta parte del crecimiento de sus frutos, el déficit hídrico en la planta hace que el fruto tienda a agrietarse y el exceso de agua causa crecimiento considerable en las ramas y baja productividad. El manejo del agua seguido en el cultivo del tomate depende mucho para el éxito de este mismo, el agua debe estar disponible todos los días en el suelo para responder a la pérdida por la evaporación y transpiración en las altas temperaturas. Sin embargo la FAO recomienda dividir el ciclo del cultivo en cuatro fases fenológicas: 1. Inicial, desde la siembra o trasplante donde cubre un 10% de la superficie del suelo, 2: desarrollo cuando el cultivo cubre aproximadamente 70 – 80% del suelo, 3: mediados hasta que el cultivo muestra los primeros síntomas de senescencia, 4: final, hasta que alcanza la madurez fisiológica del cultivo o hasta fechas de cosechas, Martínez, (2004).

Martínez, (2004) menciona, que en la fase inicial la evaporación se da más que todo del suelo y es por ello que el valor del coeficiente es menor, pero en la fase de desarrollo aumenta su valor hasta alcanzar un máximo hasta la fase de mediados, pero durante la fase final el coeficiente hídrico de la planta va disminuyendo hasta alcanzar la fecha de cosecha o de madurez fisiológica.

## **5.9. Cultivo de tomate bajo invernadero.**

### **5.9.1. Los invernaderos.**

Es una estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, en el cual es posible de modificar condiciones climáticas para cultivar diferentes tipos de plantas fuera de

estación en todo el año en condiciones óptimas. Garantizando calidad del fruto, ahorro de agua, control de insectos y enfermedades, Cevallos (2010).

El consumo de agua para el cultivo de tomate bajo invernadero es del 45% menor respecto al cultivo en el exterior, De León, (2009). Estos sistemas así como tienen una rentabilidad económica también poseen rentabilidad en la producción ya que trabajan en el manejo eficiente del espacio y del tiempo para alcanzar la máxima productividad, entendida como el rendimiento por unidad de superficie y por unidad de tiempo, Baldomero, (2007)

### **5.9.2. Importancia de los invernaderos para la agricultura.**

Los invernaderos son estructuras cerradas en las que los techos y paredes están cubiertos de películas plásticas o vidrios, con el fin de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperaturas y humedad. Y son utilizados generalmente para el cultivo de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flores entre otras. Noreña, Rodríguez, Guzmán, Zapata (2006).

Cevallos (2010), menciona que la implementación de los invernaderos en la agricultura mejoran los rendimientos en los cultivos y con esta herramienta se pueden producir fuera de temporada y con un mayor rendimiento.

### **5.9.3. Las hortalizas bajo invernadero.**

Los cultivos bajo plástico, viene siendo una de las técnicas más atractivas en la actualidad ya que presentan mejores expectativas en el fruto puesto que se obtiene una buena producción con una alta calidad y rendimiento, se obtienen fuera de temporadas, los invernaderos cuentan con la ventaja que en todo el año pueden tener cultivos en condiciones altamente adecuados para el crecimiento de la planta, Pihan & Marín, (2000).

En Colombia ya existen empresas y agricultores que realizan la práctica de producción bajo cubierta de hortalizas, se estima un área total de 800ha en zonas del departamento de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Huila, eje cafetero, Cauca, Valle

del Cauca, Santander y Nariño. Las cuales han incrementado la producción en los últimos años, Corpoica, (2013).

#### **5.9.4. El cultivo del tomate bajo invernadero.**

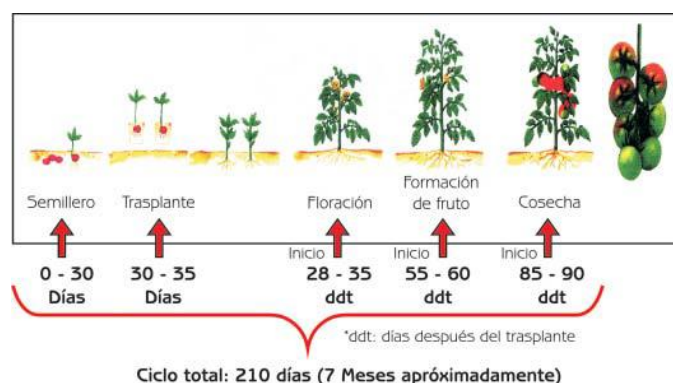
El cultivo de tomate bajo cubierta requiere de personal especializado para mantener un seguimiento constante de las condiciones ambientales dentro del cultivo. Mantiene la protección de efectos dañinos como la el exceso de lluvia, vientos, granizos, plagas y enfermedades. Sembrar bajo cubierta posibilita benéficas ventajas como; una mejor calidad del producto, la posibilidad de programar el cultivo para que salga en temporadas de menor oferta, manejar el riego y agente patógenos con una mejor calidad. Terán, (2007).

Perilla, Rodríguez & Bermúdez, (2011). Mencionan que de forma tradicional el cultivo de tomate se adapta mejor en zonas templadas y cálidas entre 0 y 2.000 msnm a libre exposición. Y en las zona en donde más de a adaptado ha sido entre 1.000 y 2.000 msnm, con temperaturas entre 18 y 24°C.

Los mismos autores mencionan que el desarrollo del tomate bajo invernadero tiene un desarrollo vegetativo de 80 a 90 días, edad donde se inicia la cosecha, y de acuerdo al manejo agronómico que se le dé, se puede extender hasta los 150 a 180 días.

La siguiente imagen muestra la fenología del ciclo del cultivo del tomate bajo cubierta, la duración del ciclo del cultivo, desde la fase inicial de la siembra en semilleros hasta la madures para su cosecha.

Grafico No2. Fenología y ciclo del cultivo de tomate bajo cubierta.



Autor: CORPOICA. Centro de Investigación La Selva Rio negro, Antioquia, Colombia. 2006.

### 5.9.5. Temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de tomate bajo cubierta.

La temperatura óptima para el buen desarrollo del tomate debe estar durante el día entre 16 – 22°C y en la noche no superar los 16°C. Para el desarrollo productivo es necesario una temperatura diurna entre 23 y 28°C y en la noche entre 15 y 22°C. Cuando los niveles de temperatura son sobre pasados de 25°C y no alcanzan los 12°C, la fecundación es defectuosa o nula, debido a que se disminuye la cantidad y calidad del polen, produciendo las caídas de las flores y deformación del fruto, al presentarse temperaturas mayores de 30°C se producen ramificaciones en las inflorescencias, a nivel del fruto éstas se pueden amarillear. CORPOICA (2006).

CORPOICA 2006. Destaca que la humedad óptima para el desarrollo del cultivo del tomate protegido debe estar entre 60 y 80%. Al sobre elevarse esta humedad la planta desarrolla enfermedades presentándose una serie de desórdenes que afectan la calidad del fruto, como son: manchado, grietas, cara de gato o malformación del fruto y frutos huecos. Y además las flores pueden caerse. Por otra parte cuando la humedad es baja aumenta la transpiración de la planta, reduciéndose la fotosíntesis secándose el polen, produciendo igualmente anomalías en la fecundación. El mismo autor menciona que el tomate es exigente en luminosidad requiere de 8 a 16 horas de luz para su buen desarrollo y así poder lograr uniformidad en el fruto, con la baja luminosidad los

procesos de floración se ven afectados, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta reduciéndose del mismo modo la absorción de agua y nutrientes.

El riego dependerá de los factores climáticos en la zona donde se tenga el cultivo bajo invernadero, inmediatamente después de trasplantado el cultivo en el invernadero se debe proporcionar agua al mismo, y luego realizar riegos periódicos para mantener un adecuado nivel de humedad durante su ciclo de desarrollo. Las horas de la mañana son ideales para el riego del cultivo ya que en las horas de la tarde la evaporación del agua aumenta dentro del invernadero, y así evitar problemas de enfermedades. Se debe tener presente el estado de desarrollo de la planta, la tasa de evaporación del cultivo para así suministrar la cantidad de agua adecuada para el cultivo, Parrado & Ubaque (2003).

El exceso de agua provoca un crecimiento acelerado de la planta, retardando la maduración de los frutos e incrementa la humedad relativa en el invernadero. La tecnología de riego por goteo es la mejor alternativa a implementar en el cultivo de tomate bajo invernadero, debido a que hay menos pérdida de agua y evita mantener húmedo el follaje. La mayor necesidad de agua para cultivo es cuando ocurre el periodo de floración, después de este la planta requiere de menos agua. CORPOICA (2006). Menciona que la planta de tomate consume diariamente de 1 a 1,5 litros de agua, dependiendo del estado de desarrollo de la planta. Destaca también que no se debe dejar que el suelo se seque demasiado, puesto que ocasiona daños en la planta, como el agrietamiento en los cultivos.

#### **5.9.6. El uso del agua en el cultivo del tomate protegido.**

La agricultura protegida cada vez más se acerca al conocimiento de los agricultores los cuales han logrado un mecanismo de manipulación controlada de los requerimientos del cultivo, de los problemas que se pueden presentar como la presencia de plagas y enfermedades. Los invernaderos se iniciaron desde hace más de cuatro décadas en países como Holanda, Francia, Israel, EE.UU, Brasil, Italia, España y Japón, CORPOICA (2013). Y cada vez crean nuevos con mejores técnicas y desarrollo y así

proteger los cultivos para un mejor rendimiento de la producción se ha convertido en toda una estrategia de competitividad.

El cultivo del tomate requiere de una dosis de agua adecuada para su producción, una mala dosificación promueve la presencia de enfermedades y desordenes fisiológicos, en los invernaderos se emplean métodos para el uso de sistemas de riego sistematizado con frecuencia y permiten determinar con mayor confiabilidad y puntualidad las dosis exactas en el tiempo preciso para su hidratación permanente. Luro, (1982).

El exceso de agua en el cultivo del tomate causa un aumento de ramas en la planta pero una baja productividad en su fruto, Gonzales & Hernández (2000), para determinar el déficit o exceso de agua en el suelo deben realizarse diferentes métodos que permiten conocer las necesidades hídricas que este tenga. Por consiguiente el conocimiento de estos métodos ayudara al rendimiento y buen estado del cultivo.

De acuerdo a la función del tamaño de la planta así se le debe aportar la cantidad de agua estipulada, el siguiente cuadro muestra la cantidad de agua por cada planta de acuerdo a su crecimiento.

Cuadro No2. Cantidad de agua requerida en el proceso fenológico del cultivo.

<b>CANTIDAD DE AGUA QUE SE DEBE REGAR POR PLANTA EN FUNCIÓN A SU TAMAÑO.</b>	
Primera semana luego del trasplante	150 – 200 cm <sup>3</sup>
Segunda y cuarta semanas	250 – 300 cm <sup>3</sup>
Quinta y sexta semanas	400 500 cm <sup>3</sup>
Séptima y novena semanas	600 – 800 cm <sup>3</sup>
Decima semana en adelante	1.000 – 1200 cm <sup>3</sup>

Autor: Asociación de agrónomos Indígenas de cañar (AAIC). Cartilla de CULTIVO DE TOMATE RIÑON EN INVERNADERO – 2004.

### 5.10. Investigaciones relacionadas.

Mendoza, J. y Borrego, F. (2000). Realizaron la siguiente investigación sobre: EVALUACION DE TOMATE (*lycopersicon esculentum*, MILL) EN INVERNADERO: CRITERIA FENOLOGICO Y FISIOLOGICO. En el cual el objetivo fue la evolución de los mejores genotipos de tomate, con base en su ciclo vegetativo, rendimiento y calidad del fruto; determinando la influencia de la fotosíntesis, transpiración y uso eficiente del agua.

La investigación se inició el 15 de octubre de 1993 y se terminó el 30 de junio de 1994. Con los siguientes genotipos Celebrity, pole boy, Boa, Burpees supersteak entre otros. Los genotipo fueron plantados en 10 camas a una distancia entre planta de 40cm y entre hileras de 60cm con 4 plantas por genotipo, realizaron repeticiones bajo el diseño de bloques al azar, realizaron siembra directa en una de las camas utilizadas como semillero. En el semillero regaban por manguera luego del trasplante el sistema de riego fue por goteo. Con un periodo de tres horas cada tercer día hasta el inicio de la flor. Con el inicio de la flor aumentaron el tiempo el riego con un periodo de 5 horas cada tercer día.

De acuerdo a los datos obtenidos los autores destacan las cantidades de agua que una planta requirió para la producción de un kilo de tomate,

- Celebrity 16.816 Lts/kg
- pole boy 91.603 Lts/kg
- Boa 56.007 Lts/kg
- Burpees supersteak 19.493 Lts/kg

Se puede observar que el genotipo Celebrity fue el que menos agua requirió para la producción de un kilogramo de tomate.

Por otro lado los investigadores León, M. Cun, R. Chaterlan, Y. y Rodriguez, R. (2005). Realizan una investigación sobre el uso eficiente del agua en cultivo de tomate protegido, en la Habana – Cuba. Con el objetivo de la respuesta del cultivo al déficit hídrico, utilizando la metodología en tres experimentos donde con los objetivos de 1.



Estudio de la evapotranspiración y coeficiente de cultivo del tomate protegido, 2. Respuesta del tomate al déficit hídrico en condiciones protegidas y al aire libre, 3. Respuesta del tomate protegido a la propagación de riego en condiciones de agricultura orgánica. Para el experimento 1 se desarrolló en dos fases de plantación (abril y enero) utilizando un túnel tipo sombrilla con cubierta plástica determinaron Etc mediante el balance hídrico, los Kc se calcularon mediante fórmulas,  $Kc = ETc / ETo$ , Y el método de cubeta clase A. El segundo experimento se realizó una sola fecha de plantación (enero), donde emplearon 4 tratamiento para la obtención del riego diario 100% Etc. (T1), 50% Etc (T2), en la fase de desarrollo vegetativo 100% en la floración – fructificación y 50% en la maduración – cosecha (T3) y 50% Etc cada 4 días (T4). En el experimento 3 con un periodo de 4 meses en un suelo tipo pardo con carbonato con un túnel de la misma características que los anteriores utilizando una fertilización con productos orgánicos CBFERT y humus de lombriz, para el control de plagas y enfermedades se efectuó con productos biológicos, El riego fue cada dos días para el cálculo del riego se realizaron con los métodos antes mencionados.

El cultivo bajo cubierta fue alterado mientras que el del exterior muestra que se redujo notoriamente en un 43% en los comportamientos de la evaporación, la Etc al igual que Eo en condiciones protegidas disminuyo significativamente en las dos fechas de plantación, en el experimento 2. En condiciones protegidas el riego se redujo en un 20% que las externas a pesar de que hubo lluvias de un 238.8mm en la evaporación supero al cultivo en cubierta en un 45%. En el experimento 3. El riego aplicado bajo cubierta indica que una dosis neta total fue de 334L/m<sup>2</sup>.

Fernández, M. Thompson, R. Banachela, S. Gallardo, M. (2012). Realizaron investigación sobre el uso del agua de riego en los cultivos de invernadero, con el objetivo de mejorar el uso del agua de riego y reducir problemas medio ambientales relacionados con el riego y mediante indicadores para así detectar las ineficiencias hídricas y así actuar para la mejora del manejo del riego. Para esta investigación usaron herramientas que ayudaron a optimizar el uso del agua, como sensores ya que permite calcular el volumen del riego mediante datos climáticos.

Se desarrolló un cultivo de pimiento en la estación experimental de la fundación de Cajamar. Para las necesidades del riego se basaron en la evaporación del cultivo, para el manejo del riego se utilizaron tensiómetro y sondas de succión para mantener constante la concentración de nitratos en la solución del suelo. En dos tratamientos convencional (MC) y tratamiento de manejo prescriptivo - correctivo (MPC). El aporte del agua para los tratamientos fue:

Convencional (MC): 355mm

Prescriptivo – correctivo (MPC): 296mm.

Por consiguiente hubo una reducción del 50% para el aporte de agua al riego.

Con estos resultados los investigadores destacan que es posible ajustar el aporte de agua a las necesidades del cultivo obteniendo una importante reducción de agua.

Castilla, N. (2007). Menciona en su libro Invernaderos Plásticos. Que la eficiencia del uso del agua es mayor en invernaderos que al aire libre debido a la menor evaporación (derivada de la menor radiación y vientos que el aire libre). Desarrollando la investigación al norte de Europa. Con un consumo al aire libre 60 litro de agua para la producción de un kilogramo de tomate, y 44 litros de agua en el invernadero para 1kg de tomate, esto muestra la gran reducción de agua que se aprovecha en los cultivos de invernaderos. En cuanto a la eficiencia económica del cultivo fue: al aire libre alcanzó 1.60euros mientras que en el invernadero fue de 16.12euros.

Vallejo, F. Cabrera E. Estrada I, Destacan que la necesidad del agua en la planta de tomate varía en el clima de la zona y su evaporación, el ciclo del cultivo y el tipo de crecimiento. Mencionan en su investigación una guía propuesta por Van Haeff (1998) y modificada por Estrada (2002). El volumen de agua que debe aplicarse y cuya profundidad de sus raíces en sus diferentes etapas.

Cuadro No3. Profundidad de raíz que debe tener la planta en el proceso vegetativo.

etapa	Días	Profundidad de raíces (cm)	
		Van Haeff	Estrada
1	Plántula	2 -5	3 – 5
2	5 – 8 hojas	7 -15	10 – 20
3	Floración	16 – 20	25 – 40
4	Fructificación	22 – 40	45 – 60
5	Maduración	45 - 60	Mayor 61

Autor: Estrada (2002).

Para tomates en invernaderos en el Valle del Cauca. Los investigadores plantean las siguientes necesidades de agua de riego. Para un ciclo de cultivo de cinco meses aplicar entre 0.5 y 0.8 litros/planta/día en los inicios del cultivo; de 1.3 a 1.8/litros/planta/día, para la floración y llenado de frutos; 2.3 a 3.2 litros/planta/día.

Macías, R (2009). Evaluó el efecto de volúmenes de agua requerida por el cultivo con 4 tratamientos bajo un sistema de riego por goteo. A los cuales aportara T1: 1.00; T2: 1.25; T3: 0.75 y T4: como testigo. Para la medición de la evaporación empleó la formula  $ET_o = K_p \cdot E_o$  (Allen et al., 1998).

Midiendo las variables: rendimiento del fruto, calidad del fruto, tamaño y diámetro, tamaño de la planta, volumen de agua requerida para cada tratamiento. En los resultados y discusión se llegó a la conclusión. En la primera semana de abril a mayo  $E_o$  fue mayor que  $ET_o$  y los valores de  $K_c$  fueron pequeños.

$$E_o = 6 - 8 \text{ mm}$$

$$ET_o = 0.3 - 1.2$$

$$K_c = 0.3 - 1.2.$$

En las últimas semanas  $E_o$  bajo por la presencia de nublados y disminución de la temperatura y  $ET_o$  aumento con el desarrollo del cultivo. Lo volúmenes de agua aplicados a los tratamientos fueron: T1: 3283 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; T2: 4103 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; T3: 2462 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; T4: 1848 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; esto quiere decir que el tratamiento testigo obtuvo la menor

cantidad de agua para el desarrollo del mismo. En la medida de la altura de las plantas T2 presenta mayor aumento de la plantas con un nivel promedio de 146cm a comparación de T1 que fue de 132cm y T3 que arrojó 118cm. En cuanto a la calidad del fruto y peso T2 presenta los mejores frutos en cuanto a calidad, peso y diámetro, 2.7gr por fruto, mientras que se presentan diferencias no significativas.

Herrera, Bernal, Díaz, Grillo, López, (2004). Evaluaron la temperatura y humedad en el cultivo de tomate híbrido durante bajo invernadero. Durante los meses de agosto a Octubre de 2004. Los datos climáticos registraron que en mes de agosto la temperatura máxima fue de 42°C, la mínima fue de 22°C, con una media de 32°C y una humedad relativa de 77.5%, en el mes de septiembre la máxima se registró con en 44°C, la mínima en 21°C con una media de 32.5°C y una humedad de 75.4%; en octubre la máxima se registra 41°C la mínima de 20°C la media fue de 30.5 y la humedad de 76.7%; en noviembre la máxima fue de 39°C, la mínima de 19°C, la media de 29.0°C y la humedad relativa de 72.0%.

El moho gris, fue una de las enfermedades encontradas en el cultivo causada por *cladosporium fulvum*, el tizón temprano de la hoja, causado por *A. solani*. Para combatir estas enfermedades se aplicaron fungicidas y prácticas culturales.

Hernández, Chaillonux, Moreno, Ojeda, (2011). Analizaron la evolución del crecimiento vegetal en un cultivo protegido de tomate híbrido HA 3019 y características de acumulación, extracción y absorción de macronutrientes para las condiciones bajo invernadero. La investigación se realizó en los meses de agosto a enero en los años de 2004/2005 y 2006/2007, en una casa de cultivo efecto sombrilla. En temperaturas máximas promedios de (35,51°C) mínima (22,87°C) y media (28,69°C) en el interior de la instalación y fuera de los rangos se registraron (18 – 22°C) y la humedad relativa de (67.73%). En la extracción de macronutrientes aumento significativamente con la edad de la plantación y el mayor consumo se produjo en el proceso de plena producción. Llegando a la conclusión que en los periodos de máximo crecimiento, es la etapa de mayor adsorción de nutrientes.

## **6. METODOLOGIA**

### **6.1. Localización.**

El estudio fue realizado en la finca LA PRADERA, en el municipio de Turbo al norte del departamento de Antioquia. Se encuentra en la posición 08° 05` de latitud norte, 76° 44` de longitud oeste y a 2msnm, el clima está clasificado en cálido húmedo, con temperatura superior de 24°C tiene una precipitación entre 2000 y 2500 milímetros. CIOH (2010).

### **6.2. Materiales y método**

La investigación se realizará en varias fases a saber:

#### **6.2.1. Fase I: Adecuación del terreno.**

Antes de iniciar la construcción del invernadero, se realizará un arado y rastrillado de la tierra para mejorar las condiciones físicas del terreno, la arada y la rastrillara se realizara a 30 cm de profundidad, para evitar el exceso de humedad del suelo, se realizaran drenajes dentro y fuera del invernadero.

#### **6.2.2. Fase II: Preparación de sustratos, camas y germinadores.**

Para la germinación de la semilla , se emplearan sustratos orgánicos (compost), con una mezcla 4: 2: 1: cuatro partes de tierra, dos partes de materia orgánica y una parte de arena, las semillas irán en bandejas plásticas, para evitar el contagio de las plántulas por hongo y bacterias, se desinfectaran las bandejas sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de sodio a razón de 5 a 10ml por litro de agua y agitándolas por 30 segundos, luego de estar desinfectadas las bandejas se llenaran con el sustrato al mismo tiempo para evitar diferencia de humedad, después de tener el sustrato se golpearan suavemente las bandejas para que no queden cámaras de aire dentro de los alveolos, luego se pasa una regla por encima para retirar los excesos de sustrato.

Para la ubicación de la semilla se realiza un orificio de 0,5cm de diámetro y de 2 a 3 mm de profundidad en todo el centro del cono, se colocara una semilla por sitio

tapándola con una capa fina de sustrato. Una vez sembrada la semilla se cubrirán las bandejas con una tela poli sombra (30% de sombra), su riego será por aspersión con un fertilizante rico en fosforo ( $P_2O_5$  y de  $K_2O$ ) en dosis de 40 gramos disuelto en ocho litros de agua, debido a que la zona es cálida, la frecuencia de riego será de 3 veces por día.

### **6.2.3. Fase III: Trasplante y establecimiento de cultivo.**

Se realizara un trazado de surcos, es decir, las camas donde se trasplantaran las plantas de tomate entre 25 y 30 cm. Los surcos tendrán una distancia entre 1,10 a 1,30m, distancia entre plantas entre 30 a 40 cm, lo que da una densidad de 1,9 a 3 plantas por  $m^2$  con podas a un solo tallo.

El trasplante al terreno del invernadero será en 30 a 35 días de la siembra en los semilleros con el sistema radicular bien formado, se realizara en horas de la mañana, para facilitar el retiro sin dañar las raíces se regara 2 a 3 horas antes del trasplante y para que las plantas lleguen con suficiente humedad al sitio definitivo.

En los surcos se marcaran los sitios en los cuales irán ubicadas las plantas, en los sitios se hace un hueco mayor al volumen ocupado por el recipiente que contiene la planta, una vez trasplantada se regará para evitar el estrés por agua. El rango para la temperatura optima será (mínima  $25^{\circ}C$  y máxima de  $30^{\circ}C$ )

### **6.2.4. IV: Determinación de variables y Diseño experimental.**

$K_c$  será calculado mediante la expresión  $K_c = ET/ET_o$  (Valverde 1998). Para el cálculo de  $ET_o$  se empleara el método de cubeta clase "A"  $ET_o = K_p * E_{pam}$  (Sánchez 2003). La  $E_o$  será medida directamente en la cubeta clase "A" situado en el centro del cultivo bajo la expresión  $E_o = 0,5 * [E_o(T) * E_o(t)]$  recomendado por (FAO N° 56 1998). Se utilizará  $K_p$  bajo la expresión  $K_p = ET_o / E_o(2)$  recomendado por (brasa 1997).

### **6.2.5. Medición de las variables.**

Con un medidor meteorológico se tomaron los registros de temperaturas: mañana,

tarde en el interior y exterior, la humedad y luminosidad, todos los días en la mañana y tarde a partir del trasplante. Los datos de pH, la fertilización y humedad se procesaron mediante un sensor TPM-5722 con aguja de 20 cm para medición directa en el suelo (tierra). Las cuales fueron registradas en una planilla diariamente.

Crecimiento de la planta: se midió con una regla de 50cm, al pasar los 50cm se procedió a medir con un metro de sastrería. El número de hojas: fueron contadas en las mismas fechas de medición del crecimiento, desde los 15 días del trasplante hasta la etapa de la floración del cultivo.

El riego se realizó con un sistema de goteo con emisiones de 4L/h espaciado entre sí a 0,49m. La fertilización se efectuó a razón de 100kg/ha de N, 65 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 75 de K<sub>2</sub>O. para la respuesta del tomate en la fertilización mediante el programa de riego al aire libre y protegido, se tendrán 4 tratamientos a los cuales se le determinara ETo por el método de penman- monteith (FAO N°56 1998), en los tratamientos de riego se aplicara el 100% ETc (T1), 50% (T2), 75% ETc en la fase de desarrollo vegetativo, 100% en la floración – fructificación y 50% en la maduración – cosecha (T3) y 50% ETc cada cuatro días (T4).

La fertilización se realizó con productos orgánicos y el control de plagas y enfermedades se efectuó con productos biológicos de producción nacional. Para la propagación del riego se fijó la frecuencia de 2 días y la dosis de riego o ETc se calculara por el método antes mencionado, con Kc obtenidos antes y la Eo se estimulara reduciendo en un 45% la del exterior.

Se evaluó, por gravimetría bajo la expresión  $\theta = \% \text{ Ma} / \text{Ms} * 100$ , recomendada por (Núñez 1981), la humedad volumétrica del suelo se efectuara por la expresión  $\theta_v \% = \text{Va} / \text{Vt} * 100$  recomendado por (Alfaro, Santos, Castaño 2005). Para el potencial matricial se medirá por medio de tensiómetro.

#### **6.2.6. Manejo Agronómico del cultivo.**

Fertilización del cultivo: la de fertilización se realizara por fertirrigación se le aplicara el fertilizante (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) disuelto al agua en un sistema de riego por goteo. En los

primeros 25 y 30 días después del trasplante, se realizarán. Podas en ella se eliminarán los brotes o chupones que serán desarrolladas en la base del tallo, así mismo se determinarán el número de brazos (tallos) a dejar en la planta. Se realizará un deshierbe eliminando hojas y hierbas bajas y amarillentas, para el control de plagas y enfermedades. Se utilizará un repelente a base de ajo hiperexitador y disuador en combinación de trampas, para el tutoreo se empleará hilo de polipropileno (rafia) sujeto a un extremo a la zona basal de la planta y el otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta a unos 3.5m sobre el nivel del suelo para evitar que las hojas y el fruto toquen el piso. La cosecha se realizará cuando los frutos hayan llegado al estado de su madurez fisiológica, en una aproximación de 90 -100 días después del trasplante en suelo, en una recolección manual y se incorporan en cajas de cartón.

#### **6.2.7. Fase V: Procesamiento de datos:**

Los datos serán procesados mediante un análisis de varianza, el análisis de datos se realizó con el programa Staph Graphips versión VI, Las comparaciones de media para determinar el nivel de significancia en los casos donde se encontró diferencia significativa se hizo con la prueba de Duncan; las variables evaluadas son: crecimiento de la planta, número de hoja, número de flores variables del clima. Como lo son la temperatura interior, exterior, humedad, luminosidad, fertilidad y pH.

#### **6.2.8. Elaboración de Informes finales**

Después de recopilado todos los datos y llegado a su etapa de la floración del cultivo, se transcriben los datos a documentos de Excel en cuadros comparativos y tablas gráficas que nos resumen todos los datos obtenidos para un mejor análisis. Y finalmente un informe final de resultados y discusión sobre los datos arrojados.

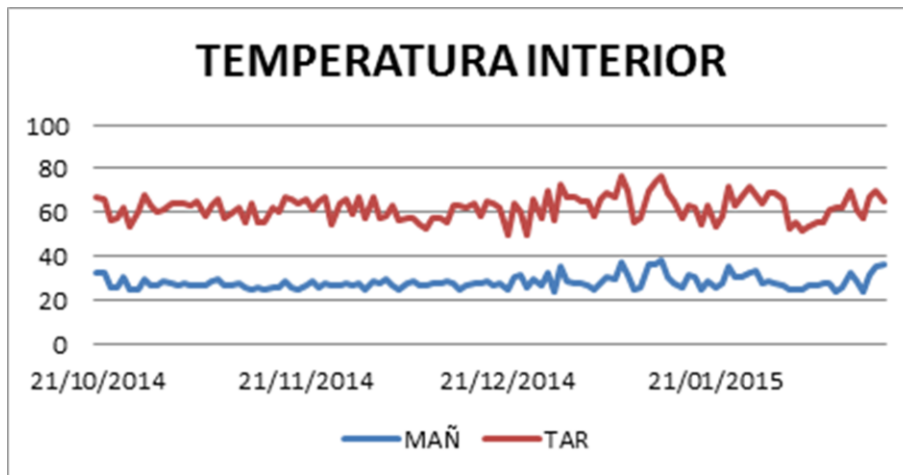


## 7. RESULTADOS

### 7.1. Comportamiento de los aspectos climáticos.

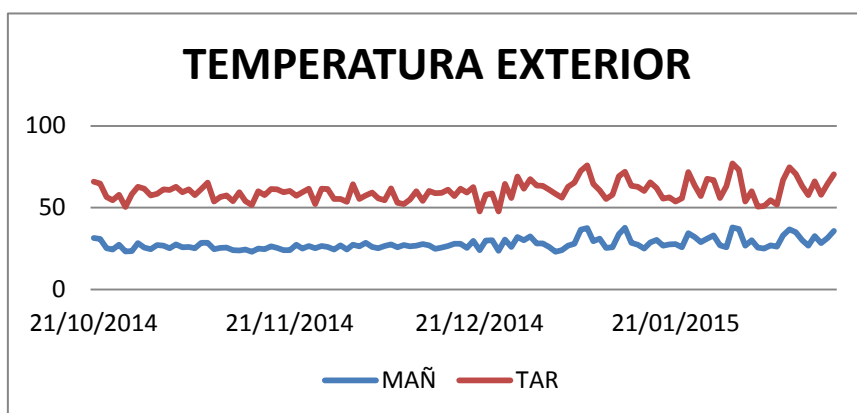
7.1.1. **Temperatura interior:** el comportamiento mostrado para la temperatura interior del área de estudio (invernadero), muestra que en las horas de la mañana el promedio de temperatura fue de 27.98°C, con una temperatura mínima registrada de 27.4°C y una máxima de 38.3°C. Para las horas de la tarde el promedio de temperatura fue de 34.17°C registrando una temperatura mínima de 24.1°C y una máxima de 41.3°C como lo muestran la figura N°1.

Figura N° 1. Registro de datos de temperatura interior mañana y tarde.



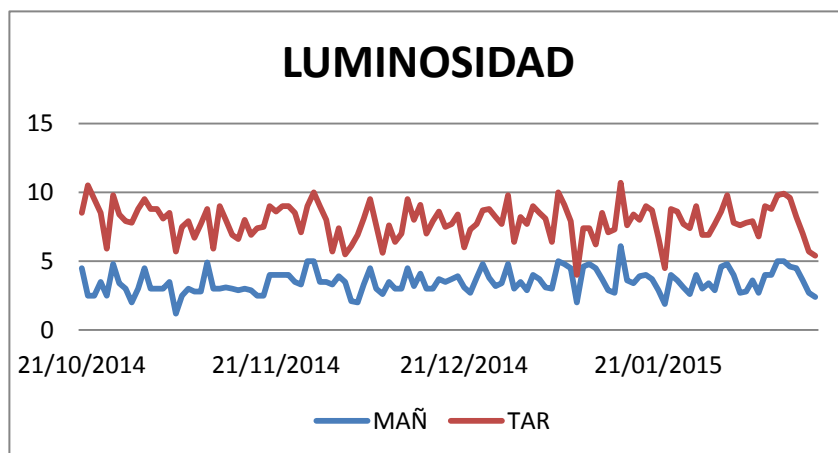
7.1.2. **Temperatura exterior:** el comportamiento de la temperatura en el área externa (fuera del invernadero), muestra una temperatura promedio de 27.79°C, con una temperatura mínima de 23°C y máxima de 38°C, para las horas de la mañana y en horas de la tarde el promedio fue de 32.36°C con una temperatura mínima de 23.5°C y una máxima de 39.1°C. Como lo muestra la figura N°2.

Figura N°2. Registro de temperatura exterior mañana y tarde.



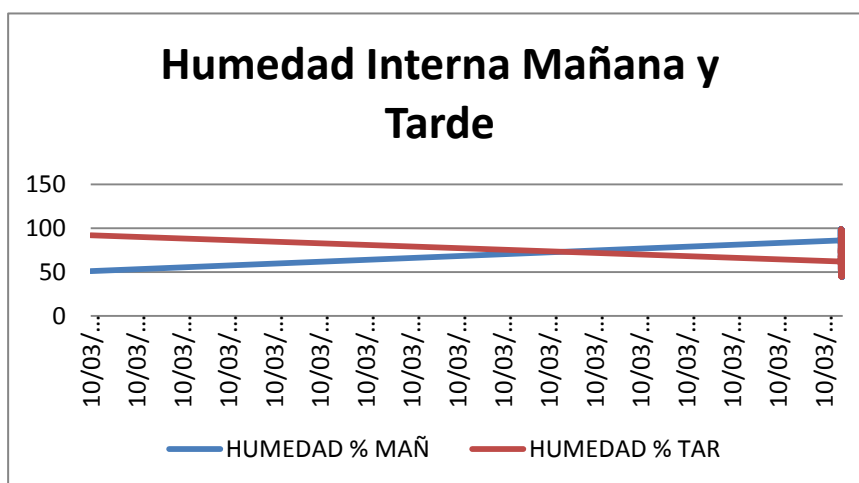
7.1.3. **Luminosidad:** el comportamiento mostrado para la luminosidad del área de estudio (invernadero), muestra que en las horas de la mañana el promedio de luminosidad fue de 3.4, con una luminosidad mínima registrada de 1.2 y una máxima de 6.1. Para las horas de la tarde el promedio de luminosidad fue de 4.3 registrando una luminosidad mínima de 1.7 y una máxima de 8 como lo muestras la figura N°3.

Figura N°3. Registro de luminosidad horas de la mañana y tarde.



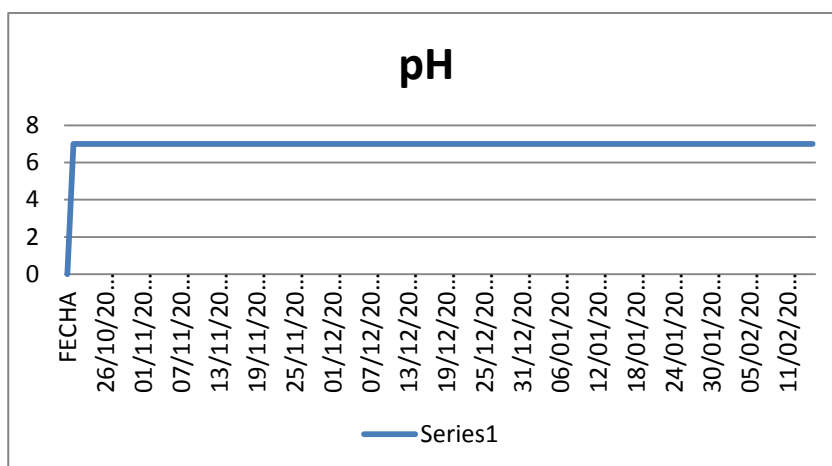
7.1.4. **Humedad:** el comportamiento mostrado para la humedad del área de estudio (invernadero), muestra que en las horas de la mañana el promedio de humedad fue de 81% con una luminosidad mínima registrada de 44% y una máxima de 99%. Para las horas de la tarde el promedio de humedad fue de 68% registrando una humedad mínima de 45% y una máxima de 99% como lo muestras la figura N°4.

Figura N°4. Comportamiento dentro del invernadero.



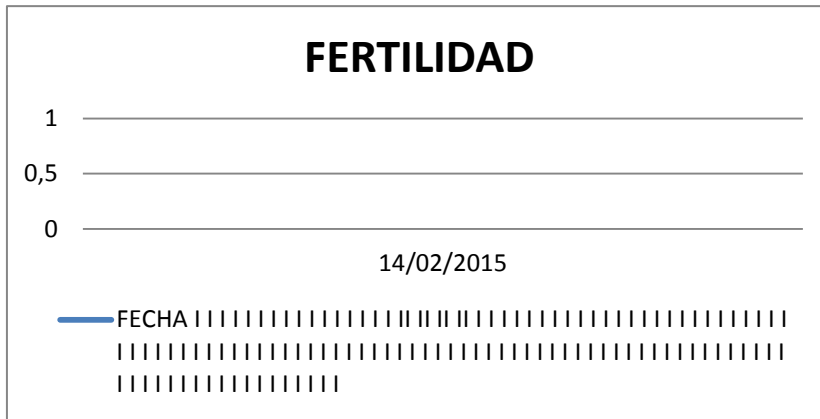
7.1.5. **pH:** el comportamiento mostrado para la el pH del área de estudio (invernadero), muestra que durante todo el ciclo del cultivo se mantuvo en 7. Como lo muestra la figura N°5.

Figura 5. pH del suelo durante el ciclo del cultivo.



7.1.6. **Fertilidad:** el comportamiento mostrado para la fertilidad del área de estudio (invernadero), muestra que durante todo el ciclo del cultivo se mantuvo en el estado ideal, representada con la letra (I). Como lo muestra la figura N°6.

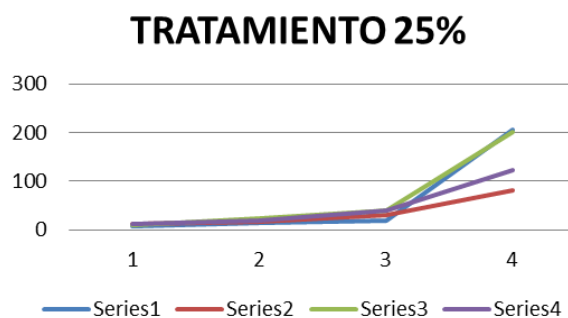
Figura 6. Fertilidad del suelo desde el trasplante y floración del cultivo.



## 7.2. Comportamiento de los aspectos climáticos.

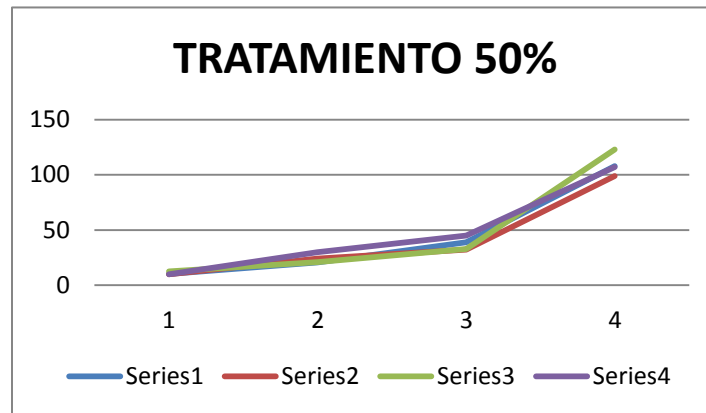
7.2.1. **Crecimiento:** El comportamiento del crecimiento para la muestra correspondiente al 25% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 70 y 198 centímetros durante el periodo de evaluación, la figura No. 7 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.1 presenta el mayor comportamiento de crecimiento y la planta No.2 el menor.

figuraNo.7 Crecimiento, tratamiento 25% de evapotranspiración



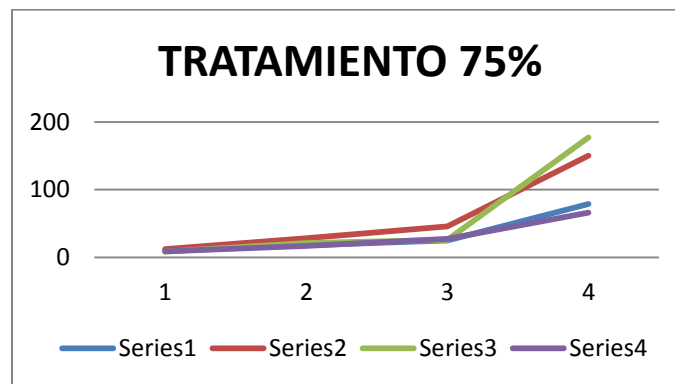
El comportamiento del crecimiento para la muestra correspondiente al 50% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 89 y 110.5 centímetros durante el periodo de evaluación, la figura No. 8 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.3 presenta el mayor comportamiento de crecimiento y la planta No.2 el menor.

Figura No.8 Crecimiento, tratamiento 50% de evapotranspiración



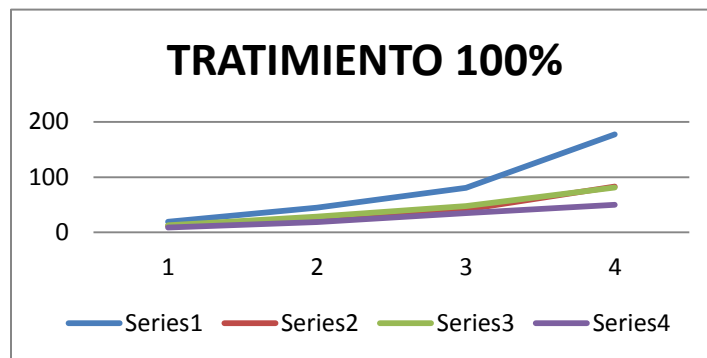
El comportamiento del crecimiento para la muestra correspondiente al 75% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 56 y 168.7 centímetros durante el periodo de evaluación, la figura No. 9 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.3 presenta el mayor comportamiento de crecimiento y la planta No.4 el menor.

Figura No.9 Crecimiento, tratamiento 75% de evapotranspiración



El comportamiento del crecimiento para la muestra correspondiente al 100% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 3.9 y 157.8 centímetros durante el periodo de evaluación, la figura No. 10 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.1 presenta el mayor comportamiento de crecimiento y la planta No.4 el menor.

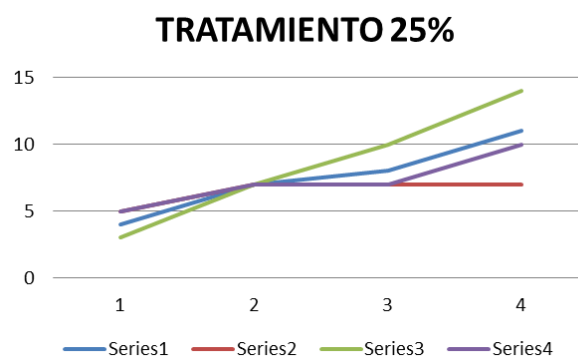
Figura No.10 Crecimiento, tratamiento 100% de evapotranspiración



Después de someter el factor de crecimiento a un análisis de varianza, se encontró que no hubo diferencia estadísticamente significativa para una intensidad de muestreo del 95%.

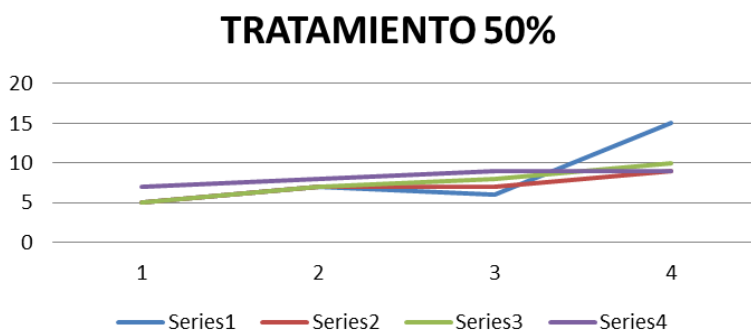
**7.2.2. Numero de hojas:** El comportamiento del número de hojas para la muestra correspondiente al 25% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 5 y 15 número de hojas durante el periodo de evaluación, correspondiente a 4 muestreo durante las primeras fases de crecimiento, después de lo cual se consideró constante y proporcional al crecimiento de las plantas. El figura No. 11 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.1 presenta el mayor comportamiento de número de hojas y la planta No.4 el menor.

Figura No.11 Número de hojas, tratamiento 100% de evapotranspiración



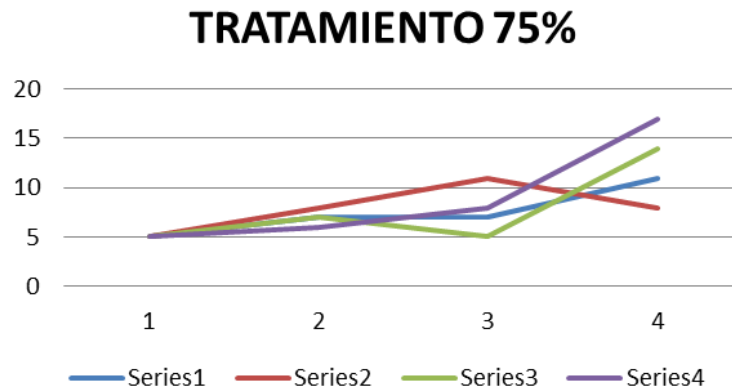
El comportamiento del número de hojas para la muestra correspondiente al 50% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 2 y 10 número de hojas durante el periodo de evaluación, correspondiente a 4 muestreos durante las primeras fases de crecimiento, después de lo cual se consideró constante y proporcional al crecimiento de las plantas. La figura No. 12 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.1 presenta el mayor comportamiento de número de hojas y la planta No.4 el menor.

Figura No.12 Número de hojas, tratamiento 50% de evapotranspiración



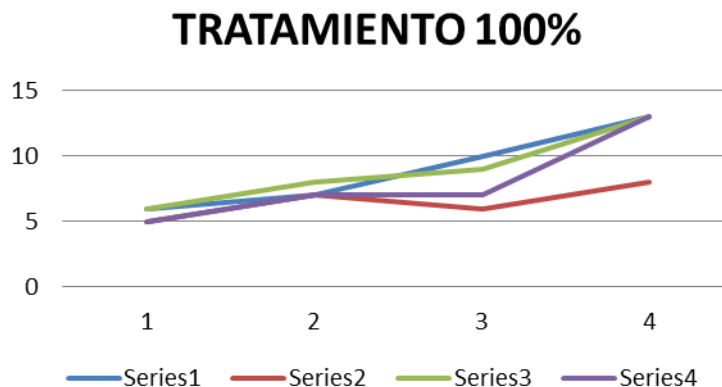
El comportamiento del número de hojas para la muestra correspondiente al 75% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 3 y 12 número de hojas durante el periodo de evaluación, correspondiente a 4 muestreos durante las primeras fases de crecimiento, después de lo cual se consideró constante y proporcional al crecimiento de las plantas. Figura No. 13 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.4 presenta el mayor comportamiento de número de hojas y la planta No.2 el menor.

Figura No.13 Número de hojas, tratamiento 75% de evapotranspiración



El comportamiento del número de hojas para la muestra correspondiente al 100% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 3 y 8 número de hojas durante el periodo de evaluación, correspondiente a 4 muestreos durante las primeras fases de crecimiento, después de lo cual se consideró constante y proporcional al crecimiento de las plantas. Figura No. 14 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.4 presenta el mayor comportamiento de número de hojas y la planta No.2 el menor.

Figura No.14. Número de hojas, tratamiento 100% de evapotranspiración

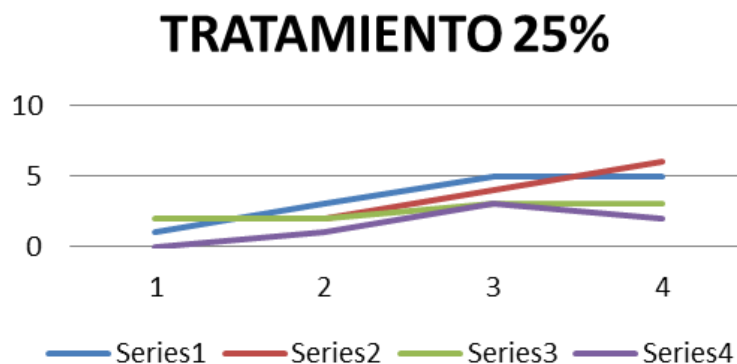




Después de someter el factor de número de hojas a un análisis de varianza, se encontró que no hubo diferencia estadísticamente significativa para una intensidad de muestreo del 95%.

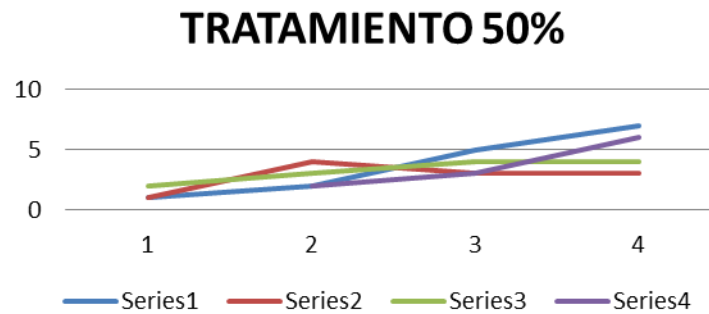
7.2.3. **Numero de flor:** El comportamiento del número de flores para la muestra correspondiente al 25% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 0 y 4 número de flor durante el periodo de evaluación, la figura No. 15 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.1 y 3 presenta el mayor comportamiento de numero de hojas y la planta No.4 el menor.

Figura No.15 Número de hojas, tratamiento 25% de evapotranspiración



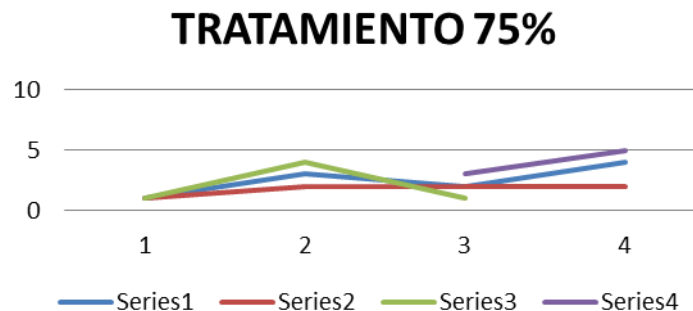
El comportamiento del número de flores para la muestra correspondiente al 50% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 2 y 5 número de flor durante el periodo de evaluación, la figura No. 16 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.2 y 3 presenta el mayor comportamiento de numero de hojas y la planta No.4 el menor.

Figura No.16 Número de hojas, tratamiento 50% de evapotranspiración



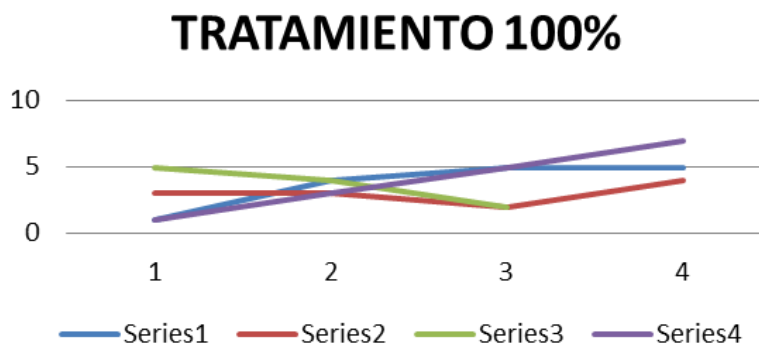
El comportamiento del número de flores para la muestra correspondiente al 75% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 2 y 6 número de flor durante el periodo de evaluación, el grafico No. 17 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.3 presenta el mayor comportamiento de numero de hojas y la planta No.4 el menor.

Figura No.17 Número de hojas, tratamiento 75% de evapotranspiración



El comportamiento del número de flores para la muestra correspondiente al 100% de aplicación de riego basado en la evapotranspiración del cultivo, varió entre 5 y 11 número de flor durante el periodo de evaluación, el grafico No. 18 muestra el comportamiento para cada planta en el cual se aprecia como la planta No.3 presenta el mayor comportamiento de numero de hojas y la planta No.4 el menor.

GraficoNo.18. Número de hojas, tratamiento 100% de evapotranspiración



Después de someter el factor de número de flores a un análisis de varianza, se encontró que no hubo diferencia estadísticamente significativa para una intensidad de muestreo del 95%.

### 7.3. Influencia de plagas y enfermedades.

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron muy pocas hojas (8) con presencia de puntos negros las cuales al ser comparadas con la bibliografía, malagamba (1997), se pudo establecer que corresponde al efecto causado por el hongo (*phytophthora infestans*). Cuyo nombre tradicional es Tizón tardío. La presencia de este hongo fue controlada manualmente y no se volvió a presentar en el resto del cultivo, el daño causado a las hojas se puede apreciar en las figuras N° 3 y 4

Grafica No 3 y 4. Presencia de hongo tizon tardío.



## 8. DISCUSION

Para las diferentes fases fenológicas, la temperatura es un factor determinante en la producción de tomate protegido, el trabajo realizado indica que unas altas temperaturas producen un crecimiento acelerado de la plantación en los diferentes tratamientos evaluados, pese a estar relacionados con la cantidad de agua aplicada, los trabajos realizados por Hernández et al (2009 y 2011) se realizaron bajo temperaturas máxima promedio (35,51 °C), mínima (22,87 °C) y media (28,69 °C) en el interior de la instalación, mientras, en el presente estudio temperaturas máximas de 41.3 y mínimas de 27.4 que al igual que en el caso de Hernández, se encuentran fuera de los rangos óptimos (18-22 °C) para garantizar un adecuado crecimiento y desarrollo en plantas de tomate.

El crecimiento presentado fue acelerado en el sentido de registrarse tamaños de planta entre los 3.9 y 198 cm en un periodo tiempo de 60 días, siendo mayores para el tratamiento de T4:100% de aplicación de agua y menor para el tratamiento de T1: 25% de aplicación de agua; para el caso de número de hojas, este factor se presenta directamente proporcional al tamaño de las plantas encontrando mayor número de hojas en el tratamiento de 25% de aplicación de agua y un número menor en el tratamiento 100% de aplicación de agua, Finalmente, al asociar la temperatura a la aparición de flores, se encuentra que este factor al incidir con valores elevados retrasa la aparición de estas ya que se encuentra que las flores comenzaron a aparecer a los 120 días de la siembra del cultivo apareciendo en el tratamiento T4, luego en el T3, posteriormente en el T1 y finalmente en el tratamiento T2, lo que establece una relación directa con la aplicación del riego según la evapotranspiración.

La humedad relativa presentada en la investigación fue máxima de 99% y mínima de 45% y un promedio de 68%, en horas de la mañana las plantas presentaban en sus hojas una acumulación de agua, esto indica que hubo disponibilidad de la misma procedente de la humedad en el ambiente, es posible que esta fuera aprovechada por el cultivo y se adicionara a la aplicada según la evapotranspiración, situación que

cambia la cantidad real de agua aplicada a los diferentes tratamientos y explicando un poco la falta de diferencia significativa entre los tratamientos.

En los estudios realizados por Hernández (2011) la humedad relativa también presentó valores altos 67.7% y pese a que su estudio se realizó para evaluar la capacidad de absorción de nutrientes, es importante indicar que esta condición de disponibilidad de agua favorece dicho proceso, como también lo muestra, Herrera (2004) quien encuentra humedad relativa de 75.4% en su investigación de absorción de macronutrientes.

En cuanto a la presencia de plagas y enfermedades se observó durante el estudio que estas no tuvieron una acción perjudicial para el desarrollo del cultivo, de hecho la aparición del hongo que causa el tizón tardío fue de baja intensidad y su control se realizó de manera manual y en el futuro no se volvió a presentar. Es importante mencionar que este hongo, prospera en condiciones de alta humedad, los síntomas aparecen con manchas pequeñas café chocolate y puede variar de color cuando se va extendiendo hasta el tallo. Lo ideal es retirar las hojas de la planta como control a medida que vayan apareciendo. Aplicar fungicidas como control químico para un mejor manejo solo en los casos donde no sea manejable el control manual. Se retiraron las hojas afectadas de las plantas y no se aplicó ningún fungicida para su control, aspecto coincidente con, Malagamba (1997).

## **9. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES.**

Los aspectos climáticos presentaron elevados registros con una máxima de temperatura de 41.6°C y humedad de 99% en comparación a lo ideal de 35.5°C y 60% en un periodo de tiempo de 150 días solo se obtuvo hasta la etapa de la floración. Siendo lo normal para el desarrollo de la planta 90 días donde a los días 60 comienza la fructificación. Con estos datos obtenidos se puede decir que los registros de climas presentaron afectaron a al desarrollo normal del cultivo, por lo tanto la recomendación se orienta a la búsqueda de condiciones climáticas menos extremas, reduciendo la humedad y la temperatura especialmente.

Las altas temperaturas que presentó el invernadero influyeron en el crecimiento de las plantas donde el máximo valor de crecimiento es fue de 198cm. En comparación con Macías, R (2009). Donde el crecimiento más alto fue de 118cm desarrollando todas las etapas del cultivo a una temperatura de 32°C. Mientras que para este trabajo, en cuanto al número de hojas las plantas presentaron un crecimiento e incremento normal directamente relacionado con su tamaño, en cuanto al rendimiento de número de flores, inicialmente no fue mayor de 7, caducando antes del proceso de fructificación.

Con base a los registros de clima presentado se puede decir que la alta temperatura influyó significativamente al desarrollo de la planta, en cuanto al crecimiento la elevó a niveles normales, pero logro resistir esas altas temperaturas, en cuanto a su desarrollo total fenológico no logro procesarlo completamente en tiempos considerables al hacer falta la fructificación, por consiguiente se puede expresar que hubo un factor determinante que impidió que se desarrollara todo el proceso en el tiempo normal para el cultivo del tomate.

## **BIBLIOGRAFIA.**

Valverde, J. RIEGOS Y DRENAJES. Primera edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica, 1998.

Brasa, A. DETERMINACION TELEDETECCION DE LA EVAPOTRANSPIRACION EN REGADIOS EXTENSIVOS. Cuenca: Servicio de publicaciones de la Universidad de Castilla La Mancha, 1997.

Núñez, J. FUNDAMENTOS DE EDAFOLOGIA. Primera edición Universidad Estatal a Distancia San José. Costa Rica, 1981.

Sánchez, R. METODO PARA LA DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION. Penman-Monteith y tanque tipo "A". Hidrología y riego.

Millán, A. METODOS DE ECOLOGIA VEGETAL. Editorial Universitaria. S. A. María Luis Santander 0447. Santiago de Chile. 2002.

Alfaro, P. Santos, P. castaño, S. FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA. Edición Mundi-Prensa. Depósito legal: M. 47.044.2005. ISBN: 84-8476-239-4. 2005.

Larios, C. Ponce, O. USO EFICIENTE DEL AGUA. Una guía para socios y personal de HONDUPALMA. Primera edición 2011.

Cevallos, E. Meza, L. Romero, F. Sornoza, J. IMPLEMENTACION DE UN INVERNADERO PARA LA PRODUCCION DEL CULTIVO DE MELON (cucumis melo L) EN LA HACIENDA "LA TEODOMIRA". Universidad Técnica de Mamabi, facultad de Ingeniería Agronómica. 2010.

De León, W. EVALUACION AMBIENTAL DE LA PRODUCCION DEL CULTIVO DE

TOMATE (*lycopersicon esculentum* Mill), BAJO CONDICIONE PROTEGIDAS EN LAS PALMAS GRAN CANARIA, ESPAÑA, MEDIANTE LA UTILIZACION DE LA METODOLOGIA DEL ANALISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV). 2007 – 2009.

Baldomero, N. PRODUCCION DE TOMATE (*lycopersicon esculentum* mil) HIDROPONICO CON SUSTRATOS, BAJO INVERNADERO. 2007.

Colon, A. EVALUACION DE HIBRIDOS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) EN HIDROPONIA APLICANDO BIOESTIMULANTE JISAMAR EN EL CANTON LA LIBERTAD. La libertad – Ecuador. 2009.

Martinez, A. NECESIDADES HIDRICAS EN CULTIVOS HORTICULAS. Laboratorio Asociado de Agronomia y Medio ambiente, [macoan@eead.esic.es](mailto:macoan@eead.esic.es). Junio 2004.

Alonso, A. Guzmán, G. BUENAS PRACTICAS EN PRODUCCION AGROECOLOGICAS. CULTIVOS DE HORTICOLAS. 2008.

Valverde, J. RIEGOS Y DRENAJES. Primera edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia San José, Costa Rica, 1998.

Gurovich, L. FUNDAMENTOS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE RIGO. Primera edición IICA. 1985.

FAO. PREVENCION DE LA CONTAMINACION DEL AGUA POR LA AGRICULTURA Y ACTIVIDADES AFINES. Oficina regional de la FAO para América Latina y del caribe. Santiago, 1993.

Leiton, J. RIEGOS Y DRENAJES. Primera edición Universidad Estatal a Distancia San José, Costa Rica, 1993.

FAO. CULTIVOS PROTEGIDO EN CLIMA MEDITERRANEO. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 2002.

Cely, G. DETERMINACION DE PARAMETROS DE RIEGO PARA EL CULTIVO CEBOLLA DE BULBO EN EL DISTRITO DE RIEGO DEL ALTO CHICAMOCHA.



Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Escuela de posgrado. Maestría en Ciencias Agrarias. 2010.

Gamboa, W. PRODUCCION AGROECOLOGICA. Una producción para el desarrollo del cultivo. Chayoye. Universidad de Costa Rica. 2005.

Font, I. CLIMATOLOGIA DE ESPAÑA Y PORTUGAL. Ediciones Universidad Salamanca. Octubre 2000.

AAIC. PROCESO DE FERTIRRIGACION EN EL CULTIVO DE TOMATE EN INVERNADERO. Septiembre de 2004.

Plhan, R. Marin, C. PRODUCCION DE HORTALIZAS BAJO PLASTICO. Centro Regional de Investigación Carrillanca. Temuco – Chile. 2000.

CORPOICA. TECNOLOGIA PARA EL CULTIVO DE TOMATE BAJO CONDICIONES PROTEJIDAS. Bogotá, D.C – febrero de 2013.

Perilla, A. Rodríguez, L. Bermúdez, L. ESTUDIO TECNICO – ECONOMICO DEL SISTEMA DE PRODUCCION DE TOMATE BAJO INVERNADERO EN GUATAPE, SUTATENZA Y TENZA (BOYACA). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas – vol. 5 N° 2 pp 220-232, 2011.

Rodriguez, V, Guzmán, M. Zapata, M. CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO. (Lycopersicon esculentum. Mil). CORPOICA, Centro de Investigación Rionegro Antioquia, Colombia. 2006.

Parrado, C. Ubaté, H. BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE TOMATE BAJO INVERNADERO. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, PRONATA.

AAIC. Asociación de Agrónomos Indígenas De Cañar. CARTILLA DE CULTIVO DE TOMATE RIÑON EN INVERNADERO. Quito – Ecuador. 2004.

Josafad, S. Mendoza, M. Borrego, F. EVALUACION DE TOMATE (*lycopersicon esculentum*, MILL) EN INVERNADERO: CRITERIOS FENOLOGICOS Y FISIOLOGICOS. *Agronomía Meso Americana* 9 (1): 59 – 65. 1998.

Fernández, M. Thompson, R. Banachela, S. Gallardo, M. USO DEL AGUA DE RIEGO EN LOS CULTIVOS EN INVERNADERO. Cuaderno de estudio agronómico. CEA03. Julio 2012.

Castilla, N. INVERNADEROS PLATICOS. Tecnología y manejo. Madrid: Édison Mundi-prensa, 2° ed. 2007.

Vallejo, F. Estrada, E. PRODUCCION DE HORTALIZAS DE CLIMA CALIDO. Universidad nacional de Colombia, sede Palmira. Diciembre de 2004.

Luro, P. VADEMECUM DE CULTIVOS, RIEGO. Zona de Corfo – rio Colorado. Argentina. 1982.

CIOH. CLIMATOLOGIA DE LOS PRINCIPALES PUERTOS DEL CARIBE COLOMBIANO. Turbo – Golfo de Urabá. 2010.

Herrera, L. Bernal, E. Díaz, M. Grillo, H. López, R. EL TIZON DE LA INFLORESENCIA DEL TOMATE CAUSADO POR, *altarnaria salani* sor. Bajo cultivo protegido. *Centro agrícola*, año 31, no 1-2 ene-jun., 2004.

Hernández, M. Chaillonux, M. Moreno, V. Ojeda, A. caracterización del crecimiento y la absorción de macro nutrimentos en el cultivo protegido de tomate (Hibrido HA 3019). *Centro agrícola*, 38(2): 35-44; abril – junio, 2011.

Malagamba, P (1997). Taller sobre manejo integrado del Tizón Tardío en la ecorregión Andina. Quito – Ecuador. 7 – 9 abril de 1997.